

パキスタン回教共和国

バルチスタン州地下水かんがい
開発計画調査

フィナル・レポート
第I巻
主報告書

昭和63年3月

国際協力事業団

農計技

88-12

JICA LIBRARY



1065348[3]

パキスタン回教共和国

バルチスタン州地下水かんがい

開発計画調査

フィナル・レポート

第 I 卷

主報告書

昭和63年 3 月

国際協力事業団



17598

序 文

日本国政府は、パキスタン回教共和国政府の要請に基づきバルチスタン州における地下水かんがい開発計画策定にかかる調査を行うことを決定し、国際協力事業団がそれを実施した。国際協力事業団は昭和61年6月より昭和63年1月にかけて（株）パシフィック コンサルタンツ インターナショナル 山中誠仁氏を団長とする実施調査団を四次にわたり派遣し、必要な調査並びに協議等を行った。

調査は、次の2フェーズに分けて実施された。

- ・フェーズ I: バルチスタン州のクエッタおよびカラート両地域 約 40,000 haを対象とする空中ガンマー線探査法による地下水脈調査
- ・フェーズII: フェーズ Iにて概定された地下水脈地点での揚水試験結果に基づく地下水利用によるかんがい開発マスタープランの策定

対象地域における農業は、一部で既に地下水利用が小規模に行われているものの、大半が天水利用型の極めて低い開発レベルにあることから、本件調査の結果明らかになった地下水資源の利用によってバルチスタン州の農業開発が推進され、ひいては、日本・パキスタン両国の友好関係がより一層緊密になることを願うものである。

最後に、本件調査の実施に際し積極的なご支援、ご協力を賜った関係各位に対し、深甚なる謝意を表する次第である

昭和63年3月

国際協力事業団
総裁 柳谷謙介

At the beginning of the year, the company had 100,000 shares of common stock outstanding.

During the year, the company issued 20,000 shares of common stock.

The company also repurchased 10,000 shares of common stock.

At the end of the year, the company had 110,000 shares of common stock outstanding.

The company's net income for the year was \$100,000.

The company's net loss for the year was \$20,000.

The company's net gain for the year was \$80,000.

The company's net loss for the year was \$10,000.

The company's net gain for the year was \$90,000.

The company's net loss for the year was \$10,000.

The company's net gain for the year was \$80,000.

The company's net loss for the year was \$20,000.

The company's net gain for the year was \$100,000.

The company's net loss for the year was \$10,000.

The company's net gain for the year was \$90,000.

The company's net loss for the year was \$10,000.

The company's net gain for the year was \$80,000.

The company's net loss for the year was \$20,000.

The company's net gain for the year was \$100,000.

The company's net loss for the year was \$10,000.

The company's net gain for the year was \$90,000.

The company's net loss for the year was \$10,000.

The company's net gain for the year was \$80,000.

The company's net loss for the year was \$20,000.

The company's net gain for the year was \$100,000.

The company's net loss for the year was \$10,000.

The company's net gain for the year was \$90,000.

The company's net loss for the year was \$10,000.

The company's net gain for the year was \$80,000.

The company's net loss for the year was \$20,000.

The company's net gain for the year was \$100,000.

The company's net loss for the year was \$10,000.

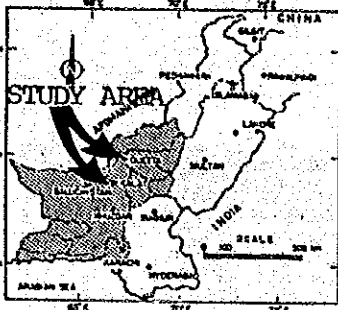
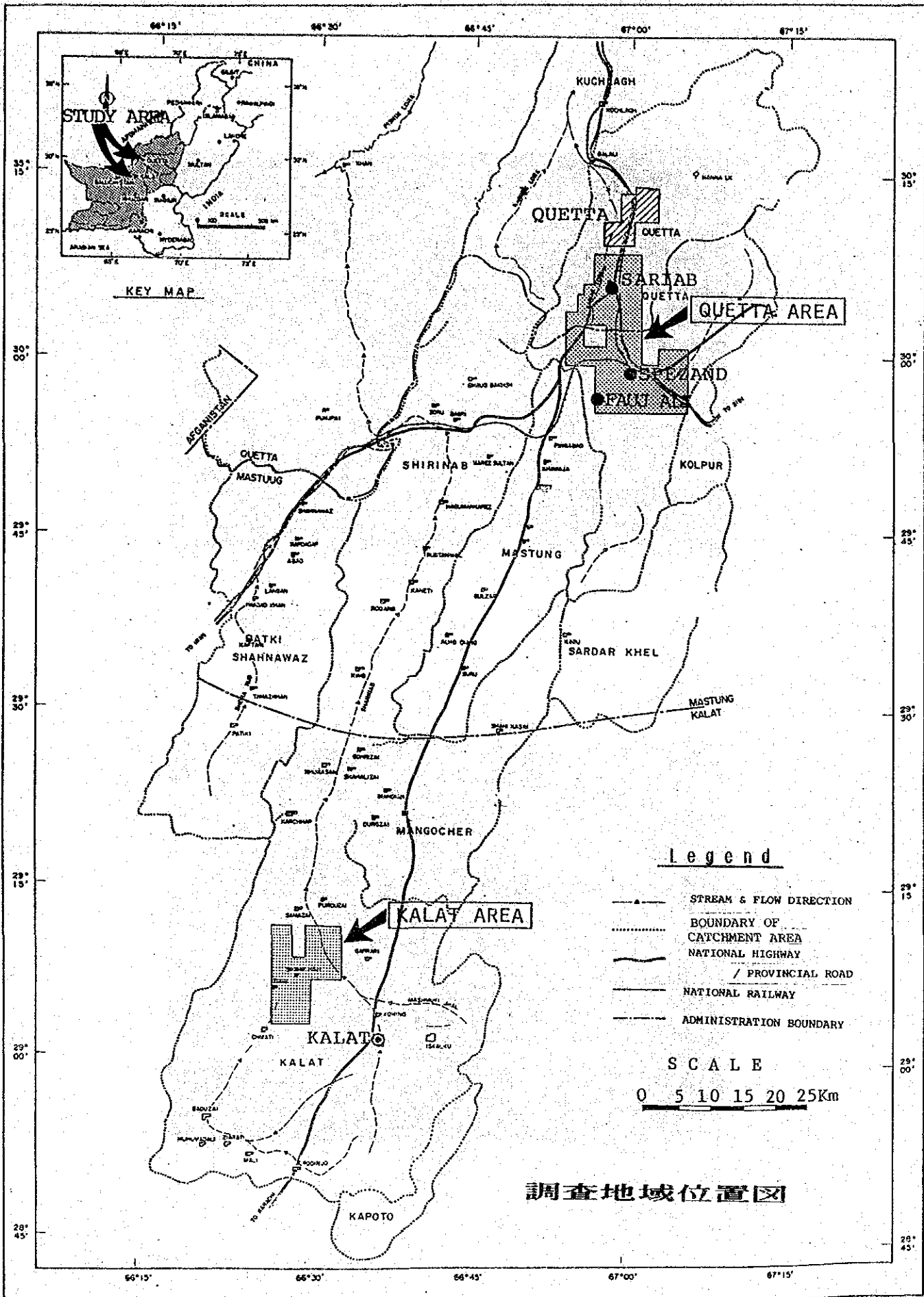
The company's net gain for the year was \$90,000.

The company's net loss for the year was \$10,000.

The company's net gain for the year was \$80,000.

The company's net loss for the year was \$20,000.

The company's net gain for the year was \$100,000.



KEY MAP

Legend

- STREAM & FLOW DIRECTION
- BOUNDARY OF CATCHMENT AREA
- == NATIONAL HIGHWAY
- / --- PROVINCIAL ROAD
- == NATIONAL RAILWAY
- ADMINISTRATION BOUNDARY

SCALE

0 5 10 15 20 25 Km

調査地域位置図



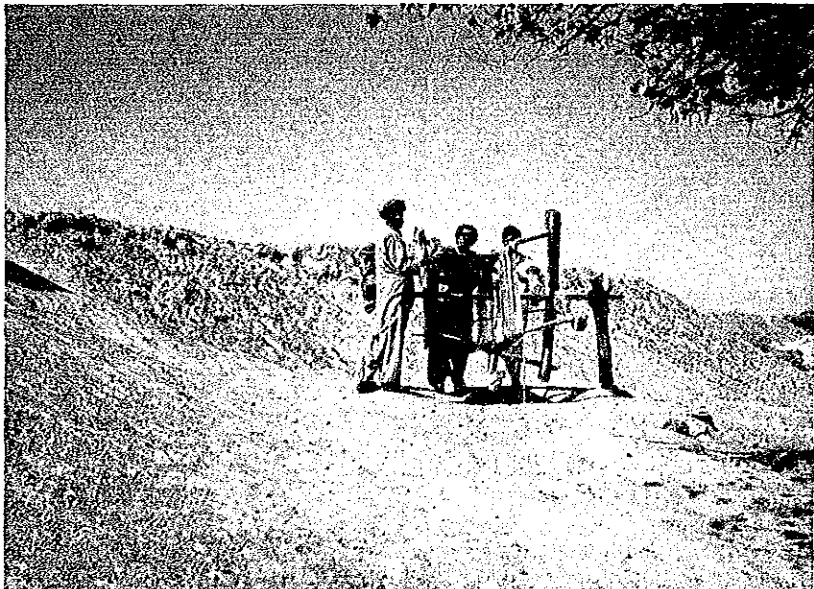
Quetta 地区



Kalat 地区



ヘリコプター探査機



既存オープンウェル

要約および結論

要約及び結論

本報告書は、Baluchistan 州地下水かんがい開発計画調査の内容について要約したものである。

1. 序論

1.1 報告書の構成

報告書の構成は次のものからなる。

- 第Ⅰ巻 : 主報告書 (英文、和文)
- 第Ⅱ巻 : APPENDIX (資料編) (英文のみ)
- 第Ⅲ巻 : 空中ガンマ線探査報告書 (英文、和文)

1.2 調査の目的

本調査は、Baluchistan 州の Quetta、Kalat 両地区において、空中ガンマ線探査を主とした地下水探査を行ない、その地下水開発計画の策定、さらにそれに基づく地下水利用かんがい開発計画のマスター・プランを策定するものである。

2. 調査の背景

2.1 Baluchistan 州は、様々な社会的・経済的理由のため発展が遅れている。第6次国家経済計画では、過去の遅れを取り戻すため農業の潜在力を持っているこの地方の農業開発を優先目標にあげている。

2.2 同地域の農業生産を飛躍的に増大させるためには、地下水源の確保は不可欠である。しかし、これまでの調査方法では、広範囲な亀裂地下水脈の検出は非常に困難である。

このような状況の中で、広範囲な地域、しかも一部山岳地帯にもかかる調査は、現在日本国内において好実績をあげているヘリコプターによる空中ガンマ線スペクトロ探査法による調査が有効であろうと考えられた。

2.3 パキスタン政府は、主として空中ガンマ線スペクトロ探査を応用した地下水源調査およびかんがい開発計画のマスター・プラン作成を日本国に要請した (1986年1月)。

- 2.4 これに対して日本政府は、JICAを通じ1986年3月に事前調査団をパキスタン共和国に派遣して本格調査の実施細則(S/W)を協議・締結した。本格調査は、1986年9月から1986年12月まで行なわれた。

3. 調査地域の現況

- 3.1 空中ガンマ線探査地区は総面積40,000haであり、次の2地区に分けられる。
- Quetta調査地区；Quetta市南部に位置し、Quetta及びKalat 両Districtに属する。面積 28,000 ha
 - Kalat 調査地区；Kalat 町の北西15kmに位置し、Kalat Districtに属する。面積 12,000 ha
- 3.2 Quetta地区は、Quetta溪谷の中央部に位置し、Landi 山(標高 2,354m)により2つの排水区分けられる。当地区北部の標高は約 1,700mで 1.0%のゆるやかな勾配である。南部地区のそれらは、1,800m、0.3~1.0%である。
- 一方、Kalat 地区は、標高 1,800mであり、1~2%の勾配をもつ。
- 3.3 気候的に調査地域は、亜熱帯性大陸高原気候に分類される。寒く雪のある冬と涼しい夏、霧の発生、冬期に集中する年間降雨 200mm程度の乾燥した気候であると要約される。
- 非超過確率年降雨は、5年確率で75~163 mm、10年確率で56~136 mmである。
- 3.4 調査地付近の高地に広く中世代の Chiltan層が発達している。Shirinab層、Parh group層は西方と東方に小規模に分布しているに過ぎない。また、これらの上部層である第三紀層の Brewery層も東方の一部に小範囲に露出しているのみである。これらを覆うようにして、その上部層である第四紀層がQuetta溪谷とDasht-i-Khuni 地区の低地部に広がっている。
- Kalat 地区は、下部から中世代のShirinab層が多く高地に露出している。それに次いで Chiltan層が多く東方に露出する。しかし、Parh series 層は北東に小規模に露出するに過ぎない。これらの上部層である第三紀のSpintangi 層、Hakabi層は東方と西方に分布する。これらを覆って第四紀層が低地部に広く発達する状況にある。

3.5 Quetta調査地区のほとんどが、かんがい農業に非常に適した土壌となっている。調査地区の64%は1～3級地に属し、物理的、化学的制約要因はほとんどなく、若干の改善対策を必要とするぐらいである。残りの36%は急傾斜地で、放牧あるいは林地に適している。

Kalat 地区の土壌は一般的に肥沃度が高く、土層も厚く、排水性も良好で、過度の塩分集積といった問題もなく、ほとんどの作物の栽培が可能である。

3.6 調査地区の関係村落数は10ヶ村で、推定総人口は11,500人、世帯数は1,530で、およそ90%の1,400世帯が農家である。平均家族は、Quettaで7.7人、Kalatで6.6人である。

3.7 農家調査で明らかにされた主なものは以下のとおりである。

- (1) 調査農家の耕地の約半分で小麦が栽培され、他にキューミン、飼料作物、りんご、じゃがいも、玉ねぎが作付されており、各々の単位収量は1.6、0.2、9.0、5.5、8.3 および12.3t/haである。
- (2) 平均的な所有農地の規模は一農家当たり52.5haであるが、内訳は普通畑（小麦）が5.4ha、蔬菜畑が2.6ha、樹園地が2.1ha、そして牧草地／休閑地が42.4haである。牧草地／休閑地は共有の部族所有地を含んでいる。
- (3) 非かんがい農家は少ない農業収入を埋め合わせるため、かんがい農家の倍以上にもなる農外収入を得ている。1人当たりの年間所得は全調査農家でパキスタン平均のUS\$ 340 よりかなり高いUS\$ 445 となっているが、非かんがい農家（調査農家の4分の3）の所得はほぼ貧困ライン上にある。

3.8 Quetta地区の28,000haのうち13,705haは耕作地であり、そのうち13,626haは畑作地、残りの79haは果樹園である。

一方、Kalat 地区の12,000haのうち2,793ha が耕作地であり、そのうち2,778ha は畑作地、残りの15haは果樹園である。

3.9 調査地域の作付体系は概ね次の通りである。

- 夏期の主要作物は、ソルガム（実取、青刈）、トウモロコシ（実取、青刈）玉葱、馬鈴薯、野菜および西瓜である。
- 冬期の作物は、小麦、キューミン（スパイスの一種）、野菜および果樹の下のアルファルファである。
- 天水利用がこの地域では一般的である。夏作はソルガム、西瓜、冬作は小麦、キューミンの作付が最大である。
- かんがい施設を持っている農家は、収益の高い換金作物の野菜、果樹を栽培している。

3.10 主要作物の近年の平均収量は次のとおりである。

(Unit: 10³ ton)

| 地 区 | 小 麦 | キューミン | 玉ねぎ | じゃがいも |
|-------------------|-------|-------|------|-------|
| Baluchistan Prov. | 376.6 | 2.0 | 88.9 | 68.4 |
| Quetta Div. | 61.6 | 1.1 | 15.9 | 24.6 |
| Quetta Dis. | 2.4 | 0.1 | 3.4 | 0.5 |
| Kalat Div. | 67.2 | 0.8 | 62.5 | 41.5 |
| Kalat Dis | 31.1 | 0.7 | 56.4 | 41.3 |

3.11 調査地区の非かんがい地に於ける現況主要作物別経営収支は次のとおりである。

| 作 物 | 庭先価格 (Rs/kg) | 単 収 (kg/ha) | 粗生産額 (Rs/ha) | 生産費 (Rs/ha) | 純生産額 (Rs/ha) | 純生産額比率 (%) |
|-------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|
| 小 麦 | 2.0 | 1,050 | 2,100 | 1,049 | 1,051 | 50 |
| キューミン | 19.6 | 284 | 5,566 | 3,798 | 1,768 | 32 |
| ソルガム | 1.5 | 472 | 708 | 666 | 42 | 6 |
| 大 麦 | 2.0 | 632 | 1,264 | 856 | 405 | 32 |

3.12 野菜ならびに果樹に対するかんがい方法の多くは、ほぼ8m四方区画の水盤かんがい法である。うね高30cm、うね間隔1m程度のうね間かんがいも、野菜栽培に適用されている。圃場の下端部に土手を築き降雨の地表流出水を貯留し、さらに土壌の流出と浸蝕を防ぐ効果のある“Bundat”と呼ばれる洪水かんがい法が、冬の小麦の栽培に用いられている。

間断日数は、一般に野菜で7日から10日、果樹で2～4週間である。

3.13 Quetta地区の近傍で3ヶ所、Kalat 地区東入口部に1ヶ所のディレイ・アクション・ダムが、地下水の涵養、洪水ピーク流量の制御ならびに土砂の流出防止のために建設されている。人工的な排水施設は、地区内には見られない。

4. 地下水資源

4.1 Quetta地区には、約25本のチューブ・ウェルと約170本のオープン・ウェルが掘られている。それらのほとんどが北部地区に集中している。南部地区では、西部のFauj Ali地区以外は飲料用に、人力もしくは畜力により地下水が揚水されているにすぎない。南部地区で近年8本のチューブ・ウェルが建設された。

Kalat 地区には合計22本の井戸が各集落の飲料用に用いられているにすぎない。当地区東側約5 kmにあるDudranの泉の水が地区内に導水され、約200ha のかんがいと住民の飲料用に供されている。

4.2 Baluchistan 州法1978年第IXの“Baluchistan 地下水利権管理法、1978”は、部族地以外の州政府の土地のチューブ・ウェル事業における水利権の管理について規定している。1978年の制定以降、同法の適用された事例はほとんどない。

4.3 Quetta、Kalat 地区の地下水揚水量は、7百万および8百万 m^3 /年と推定される。

Quetta地区の北部は、水収支上揚水過剰であり、将来の更なる地下水開発は不可能である。一方、南部では、十分な地下水開発余地を残している。

Kalat 地区に於いても、西部・東部の地下水利用率は、2%、27%であり、地下水開発余地が十分ある。

4.4 Baluchistan 州農業省の3段階のかんがい水分類基準では、第2級に分類され、米国農業省塩害研究所の分類では、C3-S1 となる。

調査地区内の地下水質は次のように要約される。

| Area | EC ($\mu S/cm$) | pH | SAR |
|-----------------------|-------------------|-----|-----------|
| Quetta, Northern Part | 905 | 8.2 | 2.22 |
| Quetta, Southern Part | 1,280(895) * | 7.9 | 6.6(2.0)* |
| Kalat | 1,175 | 7.5 | 3.0 |

4.5 本調査地区の地下水調査は、ヘリコプターを利用した空中選択ガンマ線探査により実施された。

— Quetta地区においては、4本(A、B、C、E)の流動性の地下水脈を検出した。A、B水脈はQuetta谷の両側に分布し、地下水はQuetta市街方向に向けて流動している。C水脈はA水脈の先端部にあり、E水脈はZarkhu Nala 沿い

に分布している。なお、この他に停滞性の地下水帯が部分的に10ヶ所に存在する。

- Kalat 地区においては、3本（A、B、C）の流動性の地下水脈を検出した。A水脈は調査地区の中央部を縦断し、B水脈と地区の北部で合流している。C水脈はChappai 山の西側に分布する。いずれも地下水の流動方向は北方向となっている。なお、この他に停滞性の地下水帯がA水脈の両側に2ヶ所分布している。
- 各水脈の産水率は、Quetta地区で40~70m³ /day/ m、Kalat 地区で 130~150 m³ /day/ mである。
- 流動性地下水脈の開発可能量は、Quetta調査地区で総計17,730m³ /day（153.2 ℓ /sec）、Kalat 調査地区で13,470m³ /day（116.4 ℓ /sec）と推定される。
- 一方、停滞性地下水帯の開発可能量は、Quetta調査地区で 7,880m³ /day（68.1ℓ /sec）ならびにKalat 調査地区 3,880m³ /day（33.5ℓ /sec）と推定される。

4.6 空中ガンマ線探査で有望と推定される水脈・水帯地区の基盤の深さを確認するために、弾性波探査が実施された。探査線延長は、6,000mであり、Quetta地区のD水帯、E水脈、Kalat 地区のA水脈に於いて実施した。各測線の基盤までの深さは、200 ~ 250m、150mならびに70mと推定された。また、基盤中の亀裂帯の存在の可能性も確認された。

4.7 空中ガンマ線探査結果の検証のため、7本の試験井調査が実施された。それらの結果/経過は次のとおり。

| 地区名 | Quetta | | | | Kalat | | |
|---------------------------------|--------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| | B | C | D | E | A | B | C |
| 地下水脈/水帯名 | --- | --- | QT-JICA-2 | QT-JICA-1 | KL-JICA-1 | KL-JICA-2 | KL-JICA-3 |
| 試験井番号 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 推積層厚(m) | --- | --- | 163 | 105 | 103 | 150 | 205 |
| 基盤貫入深さ(m) | --- | --- | 100 | 100 | 197 | 150 | 95 |
| 合計掘削深さ(m) | --- | --- | 263 | 205 | 300 | 300 | 300 |
| 静水頭 | --- | --- | 65.0 | 110.0 | 57.0 | 44.1 | 51.7 |
| 揚水量(ℓ/sec) | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 産水率 (m ³ /day/ m) | --- | --- | --- | --- | 1.5 | 17 | 78 |
| 基盤岩 | --- | --- | 石灰岩 | 石灰岩 | 頁岩わずかの石灰岩 | 頁岩/石灰岩 | 上部は石灰岩 下部は頁岩 |
| 亀裂地下水の可能性 | --- | --- | 100 % | 100 % | 微 | 微 | 少 |

5. 事業計画

- 5.1 当事業の目的は、計画地区にかんがい農業を導入し、輸送・流通システムの改良を行ない、低迷する計画地区の農業および農民の生活レベルの向上を計るものである。
- 5.2 空中選択ガンマ線探査、既存井調査、水収支、地形、土壌ならびに現時点までの試験井調査結果を考慮に、暫定的に開発予定地を地下水開発・農業開発のポテンシャルの高いと判断されるQT-D、QT-E、KL-BならびにKL-C地区の合計4地区とする。
- 5.3 地下水開発計画は、空中ガンマ線探査、試験井調査、弾性波探査結果を踏まえ、次のように計画した。

| 計 画 地 区 名 | QT-D | QT-E | KL-B | KL-C | 合 計 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 堆積層厚 (m) | 150 | 100 | 150 | 200 | |
| 基盤貫入量 (m) | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 井戸深さ (m) | 250 | 200 | 250 | 300 | |
| 全揚程 (m) | 100 | 150 | 100 | 100 | |
| 揚水量 (l/sec) | 15 | 5 | 5 | 15 | |
| 井戸本数 | 4 | 5 | 4 | 3 | 16 |
| 全揚水量 (m ³ /day) * | 3,888 | 1,620 | 1,296 | 2,916 | 9,720 |

注) * ポンプ運転 18ha/day

- 5.4 地区への適応性、計画作付作物、建設工事、管理運営の容易性、経済性を考え、水盤かんがい方法を採用した。
作付作物、水路損失、圃場効率等を考え、ポンプ運転時間を1日18時間とし10haのモデル圃場に於ける最大かんがい水量は、Quetta、Kalat 地区各々10.2ならびに 9.9l/secとして計画した。
- 5.5 10haのモデル圃場に於けるかんがい施設は、次のように計画した。

| 施設 | 内容 | | |
|----------|--|--------------------|---------|
| ファーム・ポンド | 貯水容量 | 360 m ³ | |
| | ポンプ運転時間 | 18 hr/day | |
| | かんがい時間 | 8 hr/day | |
| | 構造：レンガ積モルタル・ライニング | | |
| 用水路 | | 幹線 | 支線 |
| | 設計流量 | 23.11 l/s | 5.8 l/s |
| | ライニング | モルタル | 上水路 |
| | 総延長 | 1.0 km | 3.0 km |
| 農道 | | 幹線 | 支線 |
| | 有効幅員 | 3.5 m | 2.5 m |
| | 舗装 | 砂利舗装 | 無 |
| | 総延長 | 1.6 km | 1.0 km |
| 共同水槽 | 貯水容量 ; 4.0 m ³ 構造 : レンガ積モルタル・ライニング | | |

5.6 当事業には、既存の国／州道と計画地区を結ぶ幅5 mの開拓道路26.5kmの建設ならびに、延長22kmのチューブ・ウェルまでの電力配線工事を含める。

5.7 計画作付体系は、3年輪作の野菜作付体系と果樹栽培とした。計画単位収量は、主要作物であるキューミン、アルファルファ、りんご、ジャがいもおよび玉ねぎについて 0.7、30.0、18.0、15.0および17.0t/haを設定した。

各圃場規模別の年間収量は次のとおり。

| 地区 | 5 ha | | 10 ha | | 15 ha | |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 野菜 (t) | 果樹 (t) | 野菜 (t) | 果樹 (t) | 野菜 (t) | 果樹 (t) |
| Quetta | 106.5 | 19.4 | 213.3 | 38.3 | 319.8 | 58.2 |
| Kalat | 88.9 | 31.0 | 177.8 | 62.0 | 266.7 | 93.0 |

6. 事業の実施と管理運営

6.1 当事業においては、WAPDA 地下水調査事務所(Hydrogeology Project , WAPDA , Quetta) が事業実施機関となる事が望ましい。

また、かんがい関連施設については、州政府のかんがい電力省が技術的に支援する事が望まれる。

6.2 当事業の建設工事は、約1年の工程とする。

生産井の最終設計は、削井工事後の滞水層の確認及び揚水試験結果に基づき行なわれる。計画された井戸の工事の完了に続き、かんがい施設等の工事図面は、詳細な測量結果に基づき準備される。

6.3 当事業にかかわるすべての工事は、事業実施機関であるWAPDA 地下水調査事務所が実施するものとする。

6.4 事業費は以下のとおり。

(単位: 10⁶ Rs)

| 計 画 地 区 | QT-D | QT-E | KL-B | KL-C | 合 計 |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 建設工事 | 7,671.8 | 6,282.1 | 6,146.5 | 6,504.5 | 26,604.9 |
| 地下水開発施設工 | 3,988.2 | 4,540.2 | 3,768.2 | 3,378.1 | 15,674.7 |
| かんがい施設工 | 3,119.1 | 1,412.2 | 1,155.6 | 2,397.5 | 8,084.4 |
| 道路電力工事 | 564.5 | 329.7 | 1,222.7 | 728.9 | 2,845.8 |
| 用地買収費 | 279.2 | 127.9 | 119.4 | 204.5 | 731.0 |
| 小 計 | 7,951.0 | 6,410.0 | 6,265.8 | 6,709.0 | 27,335.9 |
| 予 備 費 | 1,342.9 | 1,080.7 | 1,056.3 | 1,132.5 | 4,612.4 |
| 合 計 | 9,293.9 | 7,490.7 | 7,322.1 | 7,841.5 | 31,948.3 |

6.5 日常の維持管理業務は、農業普及局の指導の下Mastung と Kalat の農業普及所が担当する。その他、地下水位のモニタリングについては、WAPDA の地下水調査所による監理が必要となる。

年間の事業運転維持管理のための経費ならびに施設更新者は次のようになる。

| 計 画 地 区 名 | QT-D | QT-E | KL-B | KL-C | 合 計 |
|-------------|-------|----------|-------|-------|---------|
| 年間運転維持管理者 | 39.2 | 35.8 | 21.9 | 30.1 | 127.0 |
| 施設更新費(10年毎) | 876.0 | 1,150.00 | 656.0 | 657.0 | 3,339.0 |

7. 事業評価

7.1 工事費の財務及び経済価格は、次のようになる。

(単位 10⁸ Rs)

| 地区名 | 財務価格 | 経済価格 |
|------|----------|----------|
| QT-D | 9,293.9 | 7,938.2 |
| QT-E | 7,490.7 | 6,403.9 |
| KL-B | 7,322.1 | 6,260.1 |
| KL-C | 7,841.5 | 6,699.6 |
| 合計 | 31,948.2 | 27,301.8 |

7.2 維持管理費は次のようになる。

(単位 10⁸ Rs)

| 地区名 | 財務価格 | 経済価格 |
|-------------|---------|---------|
| 年経費 | | |
| QT-D | 39.2 | 34.1 |
| QT-E | 35.8 | 31.1 |
| KL-B | 21.9 | 19.1 |
| KL-C | 30.1 | 26.2 |
| 合計 | 127.0 | 110.5 |
| 施設更新費(10年毎) | | |
| QT-D | 876.0 | 762.1 |
| QT-E | 1,150.0 | 1,000.5 |
| KL-B | 656.0 | 570.7 |
| KL-C | 657.0 | 571.6 |
| 合計 | 3,339.0 | 2,904.9 |

7.3 事業の耐久年数は30年とし、建設工事は1年とする。

7.4 事業便益は以下のように算定する。

(単位: 10⁸ Rs)

| 地区 | QT-D | | QT-E | | KL-B | | KL-C | |
|------|---------|---------|-------|---------|-------|-------|---------|---------|
| | 無 | 有 | 無 | 有 | 無 | 有 | 無 | 有 |
| 農産物 | 67.1 | 2,201.2 | 28.1 | 917.2 | 22.4 | 664.6 | 50.3 | 1,495.2 |
| 給水 | — | 76.8 | — | 96.0 | — | 76.8 | — | 57.6 |
| 計 | 67.1 | 2,278.0 | 28.1 | 1,013.2 | 22.4 | 741.4 | 50.3 | 1,552.8 |
| 事業便益 | 2,210.9 | | 985.1 | | 719.0 | | 1,502.5 | |

7.5 経済的内部収益率 (EIRR)、経済的純現在価格 (ENPV) および費用・便益比率 (B/C、10%の割引率) を各計画地区別に示せば以下のようになる。

| 事業地区 | 経済的内部収益率 (%) | 経済的純現在価格 (10 ⁸ Rs)(ENPV) | 費用便益比率 割引率10% |
|------|--------------|-------------------------------------|---------------|
| QT-D | 18.1 | 7,600 | 1.88 |
| QT-E | 10.2 | 140 | 1.02 |
| KL-B | 6.9 | -1,842 | 0.73 |
| KL-C | 13.5 | 2,749 | 1.38 |
| 全 体 | 12.9 | 8,627 | 1.29 |

この結果、揚水量が5ℓ/secであるKL-Bの場合、個別に考えれば、その経済的妥当性は割引率10%に比べて劣っている。10ℓ/sec程の揚水量が事業の経済的妥当性を左右する値であろうが、事業の妥当性検討に当たっては、事業地域の社会経済的な後進性を十分に考慮すべきであろう。

7.6 財務評価として農場経営分析を行なった。各計画地区のユニット圃場当りの純増加所得は次のとおり。

(単位 10⁸ Rs)

| 地 区 | QT-D | QT-E | KL-B | KL-C |
|-----------|--------|-------|-------|--------|
| かんがい面積/井戸 | 14.7ha | 4.9ha | 5.1ha | 15.2ha |
| 事業実施しない場合 | 16.2 | 5.4 | 5.4 | 16.2 |
| 事業実施する場合 | 525.4 | 175.1 | 156.4 | 469.5 |
| 増 加 所 得 | 509.2 | 169.7 | 151.0 | 453.3 |

この計画農場が仮に10戸の非かんがい農家に配分されるとすると、事業実施は特にQT-D、KL-C地区において1戸当り20,000ルピー程の貧困ラインを大幅に上回り、生活水準の向上に貢献することになる。

7.7 5年の猶予期間、25年の償還期間、10%の割引率で代表的4ケースにおける一農場当りの全事業費を償還する年間の水利費は以下のように事業実施下の農場の純生産額の80～210%の相当する。

| ケース | 農場面積 (ha) | 水利費 (10 ⁸ Rs/年) | 純生産額 (10 ⁸ Rs/年) | 比率 (%) |
|------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------|
| QT-D | 14.7 | 421.6 | 525.4 | 80 |
| QT-E | 4.9 | 280.8 | 175.1 | 160 |
| KL-B | 5.1 | 328.1 | 156.4 | 210 |
| KL-C | 15.2 | 470.5 | 469.5 | 100 |

これによって、5ℓ/secの揚水量であるQT-E、KL-Bの事業の財務的妥当性は乏しいことが推定される。

7.8 事業の直接的経済効果の他に、計量化或いは金銭化できない多くの間接効果が発生する。間接効果は事業の妥当性を検討するに当たって重要な要因ともなり得ることがあり、出来るかぎり識別し考慮されなければならない。主なものは以下の様になる。

- 地域間格差の是正
- 営農改善
- 域内交通の改善
- 保健衛生水準の向上
- 社会的影響

7.9 事業は技術上、運営上十分に州政府により実施可能であり、経済的にも全体としての妥当性はあるが、個別に見て揚水量が10ℓ/sec以上ない限り、経済性は良くない。

パキスタン回教共和国
バルチスタン州地下水かんがい開発計画調査
ドラフト・ファイナル・レポート

第 I 卷：主報告書

目 次

まえがき

調査地域位置図

要約および結論

| | 頁 |
|----------------------|--------|
| 第1章 序 論 | 1 - 1 |
| 1. 1 調査の背景 | 1 - 1 |
| 1. 2 調査の目的 | 1 - 1 |
| 1. 3 調査の範囲 | 1 - 1 |
| 1. 4 調査地域 | 1 - 3 |
| 第2章 社会経済的背景 | 2 - 1 |
| 2. 1 国家概要 | 2 - 1 |
| 2. 2 国家経済と農業 | 2 - 1 |
| 2. 2. 1 国家経済 | 2 - 1 |
| 2. 2. 2 農 業 | 2 - 2 |
| 2. 3 地域経済と農業 | 2 - 4 |
| 2. 3. 1 地域経済 | 2 - 4 |
| 2. 3. 2 農 業 | 2 - 5 |
| 2. 4 地域開発計画 | 2 - 5 |
| 第3章 調査地区の現況 | 3 - 1 |
| 3. 1 自然状況 | 3 - 1 |
| 3. 1. 1 位 置 | 3 - 1 |
| 3. 1. 2 地 形 | 3 - 1 |
| 3. 1. 3 気象・水文 | 3 - 3 |
| 3. 1. 4 地 質 | 3 - 5 |
| 3. 1. 5 土 壌 | 3 - 6 |
| 3. 2 社会経済的状况 | 3 - 27 |
| 3. 2. 1 行政区と人口 | 3 - 27 |
| 3. 2. 2 経済状況 | 3 - 27 |

| | 頁 |
|---------------------------|--------|
| 3. 2. 3 社会状況 | 3 - 29 |
| 3. 2. 4 農家経済調査 | 3 - 32 |
| 3. 3 土地利用 | 3 - 36 |
| 3. 3. 1 土地利用 | 3 - 36 |
| 3. 3. 2 土地所有 | 3 - 37 |
| 3. 4 農業 | 3 - 40 |
| 3. 4. 1 概要 | 3 - 40 |
| 3. 4. 2 営農 | 3 - 41 |
| 3. 4. 3 農業生産 | 3 - 42 |
| 3. 4. 4 畜産 | 3 - 43 |
| 3. 4. 5 作物経営収支 | 3 - 44 |
| 3. 4. 6 農業支援制度 | 3 - 44 |
| 3. 5 社会基盤整備状況 | 3 - 48 |
| 3. 5. 1 かんがい施設 | 3 - 48 |
| 3. 5. 2 排水施設 | 3 - 51 |
| 3. 5. 3 道路・交通網 | 3 - 52 |
| 3. 5. 4 電気及び給水 | 3 - 53 |
| 3. 5. 5 郵便・通信 | 3 - 55 |
| | |
| 第4章 地下水資源 | 4 - 1 |
| 4. 1 地下水文 | 4 - 1 |
| 4. 1. 1 過去の地下水調査 | 4 - 1 |
| 4. 1. 2 水文地質 | 4 - 3 |
| 4. 2 地下水利用の現況 | 4 - 5 |
| 4. 2. 1 一般 | 4 - 5 |
| 4. 2. 2 水利権 | 4 - 7 |
| 4. 2. 3 地下水収支 | 4 - 8 |
| 4. 2. 4 地下水水質 | 4 - 10 |
| 4. 3 空中ガンマ線地下水探査 | 4 - 19 |
| 4. 3. 1 探査概要 | 4 - 19 |
| 4. 3. 2 探査結果 | 4 - 19 |
| 4. 3. 3 地下水開発可能量の算定 | 4 - 20 |
| 4. 4 弾性波探査 | 4 - 29 |
| 4. 4. 1 探査概要 | 4 - 29 |
| 4. 4. 2 探査結果 | 4 - 29 |

| | 頁 |
|---------------------------|--------|
| 4.5 試験井調査 | 4 - 34 |
| 4.5.1 調査概要 | 4 - 34 |
| 4.5.2 調査結果 | 4 - 38 |
| 第5章 事業計画 | 5 - 1 |
| 5.1 かんがい開発事業の基本方針 | 5 - 1 |
| 5.2 事業の構成 | 5 - 1 |
| 5.2.1 かんがい開発基本構想 | 5 - 1 |
| 5.2.2 開発予定地の選定 | 5 - 3 |
| 5.2.3 地下水開発計画 | 5 - 4 |
| 5.2.4 土地利用計画 | 5 - 6 |
| 5.2.5 かんがい・排水計画 | 5 - 6 |
| 5.2.6 農村基盤整備計画 | 5 - 14 |
| 5.3 農業開発計画 | 5 - 23 |
| 5.3.1 農業生産計画 | 5 - 23 |
| 5.3.2 支援組織 | 5 - 27 |
| 5.4 施設計画 | 5 - 29 |
| 5.4.1 地下水揚水施設 | 5 - 29 |
| 5.4.2 かんがい施設 | 5 - 31 |
| 5.4.3 農村基盤整備 | 5 - 34 |
| 第6章 事業の実施ならびに維持管理計画 | 6 - 1 |
| 6.1 事業実施機関 | 6 - 1 |
| 6.2 建設工事 | 6 - 1 |
| 6.2.1 工事工程計画 | 6 - 1 |
| 6.2.2 建設計画 | 6 - 1 |
| 6.2.3 用地買収 | 6 - 3 |
| 6.3 事業費 | 6 - 3 |
| 6.3.1 事業費算定条件 | 6 - 3 |
| 6.3.2 事業費 | 6 - 4 |
| 6.4 維持管理 | 6 - 6 |
| 6.4.1 維持管理組織 | 6 - 6 |
| 6.4.2 維持管理費 | 6 - 6 |

| | 頁 |
|--|-----------|
| 第7章 事業評価 | 7 - 1 |
| 7.1 概要 | 7 - 1 |
| 7.2 事業の便益 | 7 - 1 |
| 7.2.1 便益計算 | 7 - 1 |
| 7.2.2 便益発生時期 | 7 - 2 |
| 7.3 経済評価 | 7 - 2 |
| 7.3.1 一般的前提条件 | 7 - 2 |
| 7.3.2 便益の分析 | 7 - 3 |
| 7.3.3 事業便益 | 7 - 4 |
| 7.3.4 事業費の分析 | 7 - 7 |
| 7.3.5 経済評価 | 7 - 9 |
| 7.3.6 感度分析 | 7 - 9 |
| 7.4 財務評価 | 7 - 10 |
| 7.4.1 農場経営分析 | 7 - 10 |
| 7.4.2 費用回収 | 7 - 11 |
| 7.5 社会経済的影響 | 7 - 13 |
| 7.6 総合評価 | 7 - 14 |
| 第8章 勸告 | 8 - 1 |
| 附属資料 Scope of Works and minutes of Meeting | A - 1 |

表一覽表

| | | 頁 |
|---------|--|--------|
| 表 3.1.1 | Quetta, Kalat に於ける月平均気象データ | 3 - 8 |
| 表 3.1.2 | 気象、観測網と観測時間 | 3 - 9 |
| 表 3.1.3 | 確率かんばつ年間降雨量 | 3 - 10 |
| 表 3.1.4 | 短期降雨強度 | 3 - 10 |
| 表 3.1.5 | 調査地域の地質 | 3 - 11 |
| 表 3.2.1 | 現況作付面積・生産量 | 3 - 32 |
| 表 3.4.1 | 農家、1戸当り耕地面積 | 3 - 40 |
| 表 3.4.2 | 年別降雨量(4月から9月) | 3 - 42 |
| 表 3.4.3 | 主要農産物の最近5ヶ年平均生産状況(1981-82/1985-86) | 3 - 42 |
| 表 3.4.4 | 家畜統計 | 3 - 43 |
| 表 3.4.5 | 現況作物経営収支 | 3 - 44 |
| 表 3.5.1 | 水源別かんがい面積(1985/86) | 3 - 48 |
| 表 3.5.2 | チューブウェル設置とかんがい面積 | 3 - 50 |
| | | |
| 表 4.2.1 | 調査地区別水収支 | 4 - 9 |
| 表 4.2.2 | 調査地区内地下水質 | 4 - 10 |
| 表 4.2.3 | かんがい水分級表(Baluchistan 州農業局) | 4 - 11 |
| 表 4.3.1 | 流動性地下水の開発可能量 | 4 - 21 |
| 表 4.3.2 | 停滞性地下水開発可能量 | 4 - 22 |
| | | |
| 表 5.2.1 | 開発計画水量 | 5 - 4 |
| 表 5.2.2 | 開発に伴う水収支 | 5 - 5 |
| 表 5.2.3 | 月別蒸発散量 | 5 - 7 |
| 表 5.2.4 | 作物消費水量 | 5 - 7 |
| 表 5.2.5 | 月別有効雨量 | 5 - 8 |
| 表 5.2.6 | 月別純用水量 | 5 - 8 |
| 表 5.2.7 | 最大かんがい必要水量 | 5 - 9 |
| 表 5.2.8 | 開拓道路延長 | 5 - 14 |
| 表 5.2.9 | 送電線延長 | 5 - 15 |
| 表 5.3.1 | 作付体系 | 5 - 23 |
| 表 5.3.2 | 単位当り作物別農業生産資材 | 5 - 24 |
| 表 5.3.3 | 年次別目標収穫量 | 5 - 26 |
| 表 5.3.4 | 農業生産総量 | 5 - 25 |

| | 頁 |
|-----------------------------|--------|
| 表 6.3.1 建設工事費 | 6 - 5 |
| 表 6.3.2 事業費集計表 | 6 - 5 |
| 表 6.4.1 年間維持管理費 | 6 - 6 |
| 表 6.4.2 施設更新費 | 6 - 7 |
| | |
| 表 7.2.1 作物別目標収量経年変化 | 7 - 2 |
| 表 7.3.1 経済評価のための事業ケース | 7 - 4 |
| 表 7.3.2 給水便益 | 7 - 5 |
| 表 7.3.3 事業便益 | 7 - 6 |
| 表 7.3.4 事業費 | 7 - 7 |
| 表 7.3.5 維持管理費と更新費 | 7 - 8 |
| 表 7.3.6 経済評価 | 7 - 9 |
| 表 7.3.7 感度分析 | 7 - 10 |
| 表 7.4.1 計画農場の増加所得 | 7 - 11 |
| 表 7.4.2 費用回収 | 7 - 12 |

図一覽表

| | | 頁 |
|----------|---------------------------------|--------|
| 図 1.4.1 | Quetta調査地区 | 1 - 4 |
| 図 1.4.2 | Kalat 調査地区 | 1 - 5 |
| 図 3.1.1 | Quetta, Kalat 於ける月平均気象データ | 3 - 12 |
| 図 3.1.2 | 気象観測所位置図 | 3 - 13 |
| 図 3.1.3 | 年降水量経年変化 (1/2) | 3 - 14 |
| 図 3.1.4 | 年降水量経年変化 (2/2) | 3 - 15 |
| 図 3.1.5 | PISHIN LORA 流域模式図 | 3 - 16 |
| 図 3.1.6 | Quetta地区集水域図 | 3 - 17 |
| 図 3.1.7 | Kalat 地区集水域図 | 3 - 18 |
| 図 3.1.8 | Queta 地区地質図 | 3 - 19 |
| 図 3.1.9 | Quetta地区地質横断図 | 3 - 20 |
| 図 3.1.10 | Kalat 地区地質図 | 3 - 21 |
| 図 3.1.11 | Kalat 地区地質横断図 | 3 - 22 |
| 図 3.1.12 | Quetta地区土地分級図 | 3 - 23 |
| 図 3.1.13 | Quetta地区土壌分級図 | 3 - 24 |
| 図 3.1.14 | Kalat 地区土地分級図 | 3 - 25 |
| 図 3.1.15 | Kalat 地区土壌分級図 | 3 - 26 |
| 図 3.3.1 | Quetta地区現況土地利用分類図 | 3 - 38 |
| 図 3.3.2 | Kalat 地区現況土地利用分類図 | 3 - 39 |
| 図 3.4.1 | Quetta地区の現況作付体系 | 3 - 46 |
| 図 3.4.2 | Kalat 地区の現況作付体系 | 3 - 47 |
| 図 3.5.1 | Quetta地区の社会基盤整備状況 | 3 - 56 |
| 図 3.5.2 | Kalat 地区の社会基盤整備状況 | 3 - 57 |
| 図 4.1.1 | Quetta溪谷の月間地下水位変動図 | 4 - 4 |
| 図 4.2.1 | Quetta地区既存井位置及び地下水位等深線 | 4 - 12 |
| 図 4.2.2 | Quetta地区地下水位等高線 | 4 - 13 |
| 図 4.2.3 | Kalat 地区既存井位置及び地下水位等深線 | 4 - 14 |
| 図 4.2.4 | Kalat 地区地下水位等高線 | 4 - 15 |
| 図 4.2.5 | Quetta地区地文図 | 4 - 16 |
| 図 4.2.6 | Kalat 地区地文図 | 4 - 17 |
| 図 4.2.7 | かんがい用水分級図 | 4 - 18 |

| | 頁 |
|---------|--|
| 図 4.3.1 | 空中選択ガンマ線探査装置概要図 4 - 23 |
| 図 4.3.2 | 空中選択ガンマ線探査専用機の構成 4 - 24 |
| 図 4.3.3 | Quetta地区空中探査測線配置図 4 - 25 |
| 図 4.3.4 | Kalat 地区空中探査測線配置図 4 - 26 |
| 図 4.3.5 | Quetta地区地下水域分布図 4 - 27 |
| 図 4.3.6 | Kalat 地区地下水域分布図 4 - 28 |
| 図 4.4.1 | Quetta地区弾性波探査位置図 4 - 31 |
| 図 4.4.2 | Kalat 地区弾性波探査位置図 4 - 32 |
| 図 4.4.3 | 弾性波速度分布図 4 - 33 |
| 図 4.5.1 | Quetta地区試験井位置図 4 - 40 |
| 図 4.5.2 | Kalat 地区試験井位置図 4 - 41 |
| 図 4.5.3 | KL-JICA-1 柱状図及び電気検層 4 - 42 |
| 図 4.5.4 | KL-JICA-2 柱状図及び電気検層 4 - 43 |
| 図 4.5.5 | KL-JICA-3 柱状図及び電気検層 4 - 44 |
| 図 4.5.6 | QT-JICA-1 柱状図及び電気検層 4 - 45 |
| 図 4.5.7 | QT-JICA-2 柱状図及び電気検層 4 - 46 |
| 図 4.5.8 | QT-JICA-3 / QT-JICA-4 柱状図 4 - 47 |
| | |
| 図 5.2.1 | 開発予定地位置図 5 - 16 |
| 図 5.2.2 | 生産井配置計画 5 - 17 |
| 図 5.2.3 | かんがい必要水量算定作業フロー 5 - 18 |
| 図 5.2.4 | かんがい施設配置図 5 - 19 |
| 図 5.2.5 | 基盤整備基本計画図 (QT-D地区) 5 - 20 |
| 図 5.2.6 | 基盤整備基本計画図 (QT-E地区) 5 - 21 |
| 図 5.2.7 | 基盤整備基本計画図 (Kalat 地域) 5 - 22 |
| 図 5.3.1 | クロッピングカレンダー 5 - 28 |
| 図 5.4.1 | チューブウェル構造案 5 - 35 |
| | |
| 図 6.2.1 | 事業実施計画工程表 6 - 2 |

第Ⅱ巻、第Ⅲ巻報告書目次

第Ⅱ巻：資料編

| | 頁 |
|---------------------------|-------|
| 第1章 序 論 | 1 - 1 |
| 第2章 背 景 | 2 - 1 |
| 第3章 調査地域 | 3 - 1 |
| 第4章 地下水試験 | 4 - 1 |
| 第5章 事業計画 | 5 - 1 |
| 第6章 事業の実施ならびに維持管理計画 | 6 - 1 |
| 第7章 事業評価 | 7 - 1 |
| 参考文献 | 8 - 1 |

第Ⅲ巻：空中ガンマ線探査報告書

| | 頁 |
|---------------------|-------|
| 第1章 序 論 | 1 - 1 |
| 第2章 空中探査 | 2 - 1 |
| 第3章 探査方法 | 3 - 1 |
| 第4章 解析方法 | 4 - 1 |
| 第5章 解析結果 | 5 - 1 |
| 第6章 地下水貯留量の計算 | 6 - 1 |
| 第7章 地下水開発可能量 | 7 - 1 |

定 義

1. 調査地区 : 空中選択ガンマ線探査を実施したQuettaならびにKalat の両地区
2. Quetta地区 : Quetta調査地区
Kalat 地区 : Kalat 調査地区
3. 地 区 : Quetta地区もしくはKalat 地区のくり返しを省略し、Quetta地区もしくはKalat 地区を指す。
4. 開発予定地区名
Q T - C : Quetta地区のC水脈開発予定地
K L - B : Kalat 地区のB水脈開発予定地
5. 計画地区 : 事業実施予定地区
6. 州 : Baluchistan 州
州 政 府 : Baluchistan 州政府 (GOB)

略 語

- ADP : Annual Development Programme, 開発計画年次予算
- BDA : Baluchistan Development Authority, Baluchistan 開発公団
- BGL : Below Ground Level, 地表面下
- BIAD : Baluchistan Integrated Area Development
- BMIAD : Baluchistan Minor Irrigation and Agriculture Development
- EC : Electric Conductivity, 電気伝導度
- EIRR : Economic Internal Rate of Return, 経済的内部収益率
- ENPV : Economic Net Present Value, 経済的純現在価値
- FAO : Food and Agriculture Organization, 国連食糧農業機関
- FBS : Federal Bureau of Statistics, 連邦政府統計局
- FIRR : Financial Internal Rate of Return, 財務的内部収益率
- FNPV : Financial Net Present Value, 財務的純現在価値
- GDP : Gross Domestic Product 国内総生産
- GNP : Gross National Product 国民総生産
- GOB : Government of Baluchistan, Baluchistan 州政府
- GOP : Government of Pakistan, パキスタン政府
- GSP : Geological Survey of Pakistan, パキスタン地質調査所
- I & P : Irrigation & Power Department of Baluchistan,
州政府かんがい電力省
- IRR : Internal Rate of Return, 内部収益率
- JICA : Japan International Cooperation Agency, 国際協力事業団

- HET : Pakistan Meteorological Department, パキスタン国気象庁
- MVA : Megavolt Ampere , メガワット (百万ワット)
- NPV : Net Present Value , 純現在価値
- pH : Hydrogen Ion Concentration, 水素イオン濃度
- QDA : Quetta Development Authority, Quetta開発公団
- RS : Rupee , パキスタン・ルピー
- RSC : Residual Sodium Chloride, 残留塩化ナトリウム
- SAR : Sodium Adsorption Ratio , ナトリウム吸着率
- SOP : Survey of Pakistan, パキスタン地理院
- TDS : Total Dissolved Solids, 全溶解物質
- TSS : Total Soluble Salts , 全溶解塩分
- UNDP : United Nations Development Programme, 国連開発計画
- UNICEF : United Nations International Children's Emergency Fund,
国連国際児童緊急基金
- USAID : United States Agency for International Development,
米国国際開発局
- US\$: United States Dollar, 米国ドル
- USDA : United States Department of Agriculture , 米国農業省
- WAPDA : Water and Power Development Authority , 水利電力開発公社
- ¥ : Japanese Yen, 日本円

度量衡表

長 寸

| | | |
|-----------------|---|-----------------------|
| 1 inch (") | = | 0.0254 meter (m) |
| 1 foot (' , ft) | = | 0.3048 meter (m) |
| 1 yard (yd) | = | 0.9144 meter (m) |
| 1 mile (M) | = | 1.6093 kilometer (km) |

面 積

| | | |
|------------------------------|---|--|
| 1 sq. yd (yd ²) | = | 0.8361 sq. meter (m ²) |
| 1 acre (ac) | = | 4,046.9 sq. meter (m ²) |
| 1 sq. mile (M ²) | = | 2.590 sq. kilometer (km ²) |
| 1 hectare (ha) | = | 10,000 sq. meter (m ²) |

容 量

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| 1 US gallon | = | 3.785 liter (ℓ) |
| 1 cub. inch | = | 4,046.9 cub. centimeter (cm ³) |
| 1 cub. foot (ft ³) | = | 28,317 liter (ℓ) |
| 1 cub. yard (yd ³) | = | 0.7648 cub. meter (m ³) |
| 1 acre feet (ac. ft) | = | 1,233.5 cub. meter (m ³) |

重 量

| | | |
|--------------|---|---------------------|
| 1 ton (t) | = | 1,000 kilogram (kg) |
| 1 pound (℔b) | = | 0.454 kilogram (kg) |

流 量

| | | |
|----------------------------------|---|------------------------------|
| 1 US gallon per minute (US gpm) | = | 3.785 ℓ /min |
| | = | 0.063 ℓ /sec |
| 1 US gallon per day (US gpd) | = | 5.45 m ³ /d |
| 1 cusec (ft ³ /sec) | = | 724 ac. ft/yr |
| | = | 28.317 ℓ /sec |
| | = | 893,004.9 m ³ /yr |
| 1 acre feet per year (ac. ft.yr) | = | 1,233.5 m ³ /yr |

流 速

| | | |
|------------------------|---|-----------------|
| 1 cm/sec | = | 0.3937 inch/sec |
| 1 knot | = | 1.944 m/sec |
| 1 mile per hour (M/hr) | = | 1.237 m/sec |
| | = | 0.6214 km/hr |

透水量係數

| | | |
|----------|---|------------------------------|
| 1 gpd/ft | = | 0.0124 m ³ /day/m |
| 1 gpm/ft | = | 0.028 Q /min/m |

比湧水量

| | | |
|--------------------|---|-----------------------------------|
| 1 US gpm/ft. d. d. | = | 0.207 Q /sec. m d. d. |
| | = | 17.88 m ³ /day/m d. d. |

塩分濃度

| | | |
|---------------------------|---|---------------------------------|
| 1 parts per million (ppm) | = | 1 milligram per liter (mg/l) |
| | ≐ | 1.56 milli mhos/cm |
| | ≐ | 1.560 micro mhos/cm (μ mhos/cm) |
| | ≐ | 1.560 micro Siemen/cm (μ S/cm) |
| 1 μhos/cm | = | 1 μS/cm |

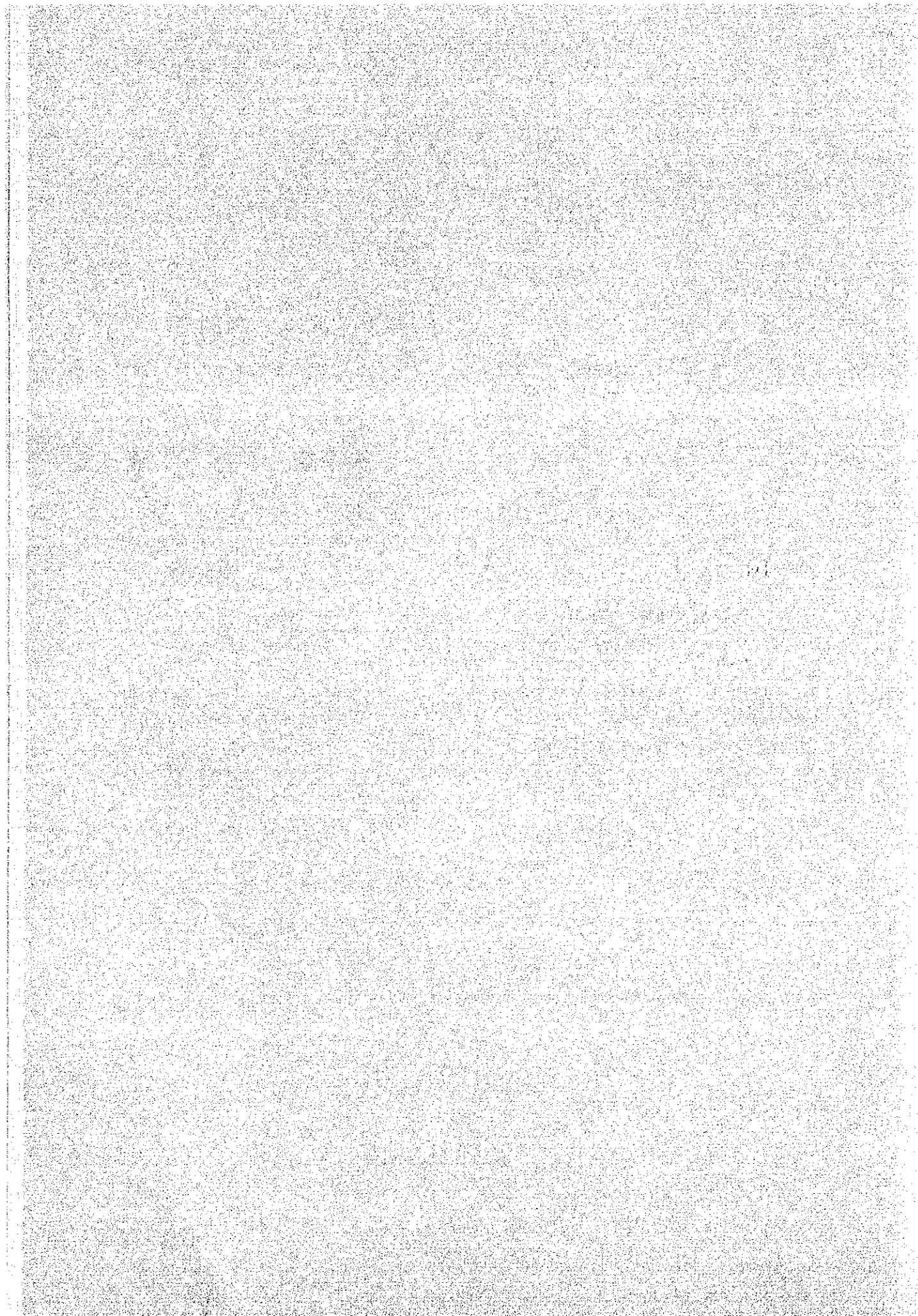
温 度

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} \times (^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$0^{\circ}\text{C} = 32^{\circ}\text{F}$$

$$100^{\circ}\text{C} = 212^{\circ}\text{F}$$

第1章 序 論



第 1 章 序 論

1.1 調査の背景

パキスタン共和国政府は、バランスのとれた地域発展を国家経済計画の柱としているが、Baluchistan州は、様々な社会的・経済的理由のため発展が遅れている。第6次国家経済計画では、過去の遅れを取り戻すため農業の潜在力を持っているこの地方の農業開発を優先目標にあげている。

同州政府は、州都 Quetta 市周辺同北部および東北部を同州6次5カ年計画の重点開発地域にあげているが、水源が地下水と言う不確定要素を含んでいることもあり、現時点では具体的土地利用計画をも立てられてない。

同地域の農業生産を飛躍的に増大させるためには、地下水源の確保は不可欠である。しかし、これまでの調査方法では、広範囲な亀裂地下水脈の検出は非常に困難である。

このような状況の中で、広範囲な地域、しかも一部山岳地帯にもかかる調査は、現在日本国内において好実績をあげているヘリコプターによる空中ガンマ線スペクトロ探査法による調査が有効であろうと考えられた。パキスタン政府は、主として空中ガンマ線スペクトロ探査を応用した地下水源調査およびかんがい開発計画のマスター・プラン作成を日本国に要請した(1986年1月)。これに対して日本政府は、JICAを通じ1986年3月に事前調査団をパキスタン共和国に派遣して本格調査の実施細則(S/W)を協議・締結した(添付資料参照)。

1.2 調査の目的

Baluchistan州の Quetta、Kalat両地区において、広域な地下水探査を行い、地下水開発計画を策定し、さらにそれに基づく地下水利用かんがい計画のマスター・プランを策定するものである。

地下水探査は、既存の地質・水文地質資料の解析とともに、空中ガンマ線探査、弾性波探査ならびに揚水試験により実施される。

1.3 調査の範囲

本計画調査は、第1次、第2次調査からなり、調査の範囲は下記の通りである。

(1) 第 1 次 調 査

- 1) 地質、地下水およびかんがい開発の可能性に関する既存データの収集・分析を行う。
- 2) ヘリコプターによる空中探査調査対象地区を選定する。
- 3) ヘリコプターによる空中探査を行い、開口亀裂系およびその分布を把握する。
- 4) 地下水に関する既存データの収集・分析を行い、3) の成果と重ね合わせ解析し、精査地域を選定する。
- 5) 精査地域について地質調査資料を考慮して、弾性波探査を実施し、地質構造を明らかにする。
- 6) かんがい開発計画策定に必要なデータの収集・分析を行うとともに、現地予備調査を実施、調査対象地域の概況を把握する。
- 7) 上記調査に基づき、かんがい可能地域を概定し、かんがい開発方針を策定する。

(2) 第 2 次 調 査

- 1) 第 1 次調査において概定されたかんがい開発可能地域において揚水試験を実施する。試験井調査ならびに揚水試験は、パキスタン国政府の責任において実施する。試験井の位置、本数、深さ等は、第 1 次の調査結果をもとに調査団と協議の上パキスタン国政府側で決定する。
- 2) 第 1 次調査および上記揚水試験を踏まえて、必要追加調査を実施し、地下水賦存量、地下水開発可能量の推定結果の検証を行う。
- 3) 上記検討結果に基づき、かんがい開発対象地域をしぼり込む。
- 4) 必要データの追加収集・分析ならびに現地調査を実施し、対象地域に対するかんがい開発基本計画（マスター・プラン）を策定する。

1.4. 調査地域

空中ガンマ線探査地域対象地区は、下記事項を考慮して、Baluchistan 州政府関係機関と本格調査団との話し合いにより決定された。

- 将来のかんがい開発のプライオリティ
- 既存資料よりみでの地下水開発の可能性
- 地形、地質的条件に対する飛行制限及び探査作業効率

選定された地区は、図1.4.1 及び 1.4.2に示す。面積は下記の通り。

- Quetta地区 Quetta District 及び Kalat District
 : 28,000ha
- Kalat 地区 Kalat District
 : 12,000ha
- 合 計 : 40,000ha

かんがい開発対象地域は、地下水賦存量及び開発可能量を考慮して、地下水調査結果、気象、土壌条件等を基に決定する。

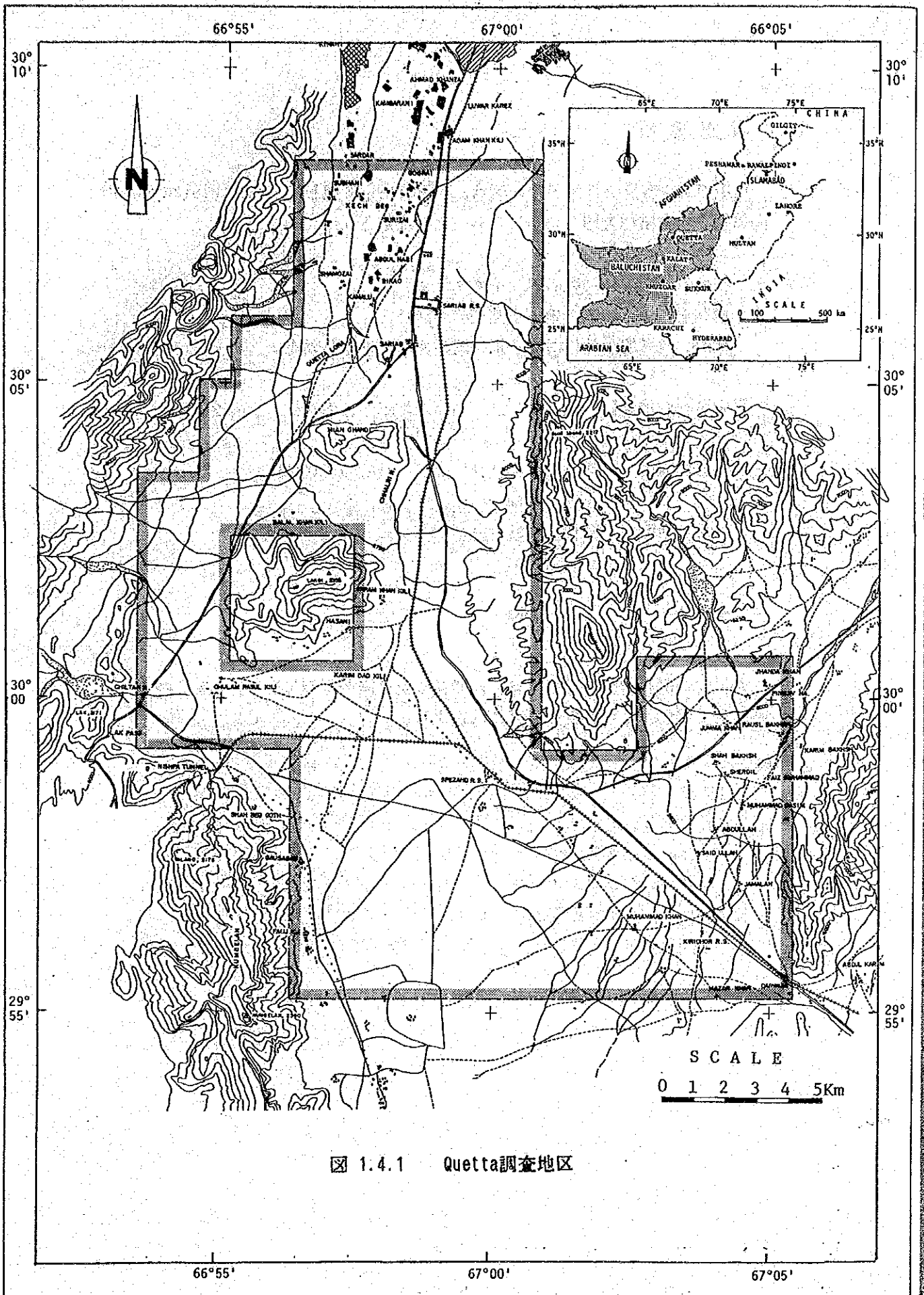


图 1.4.1 Quetta 调查地区

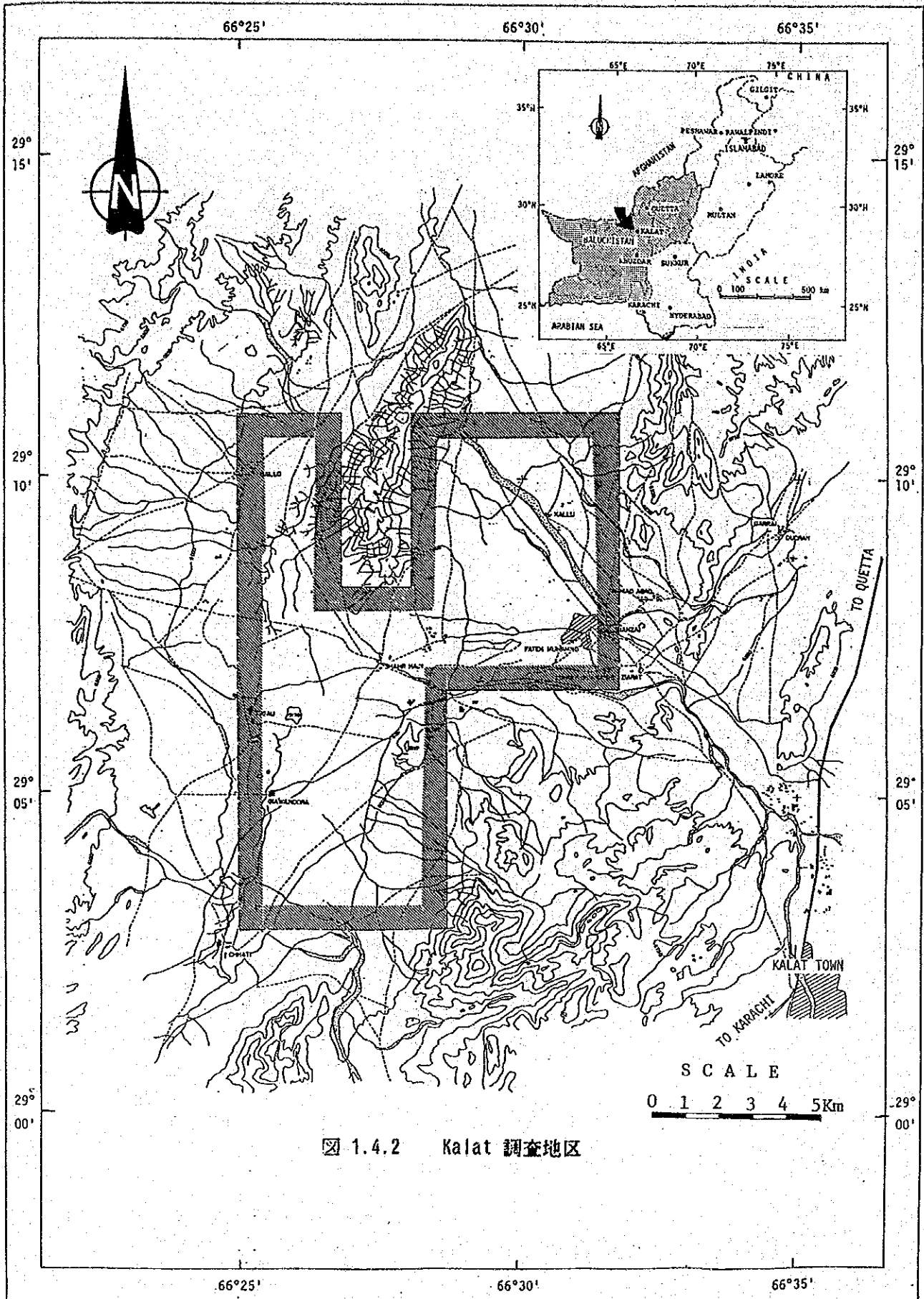
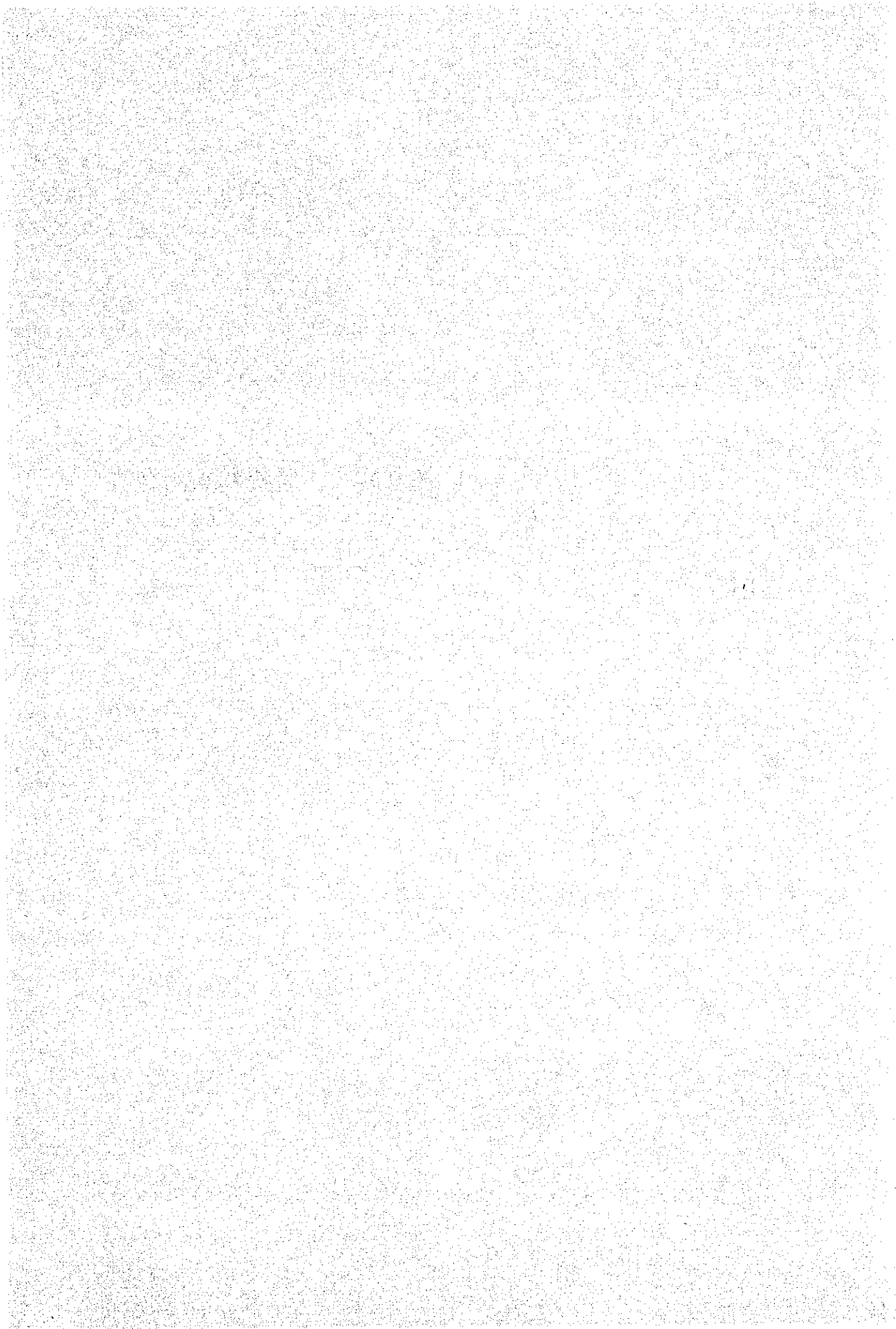


图 1.4.2 Kalat 調查地区

第 2 章 社会經濟的背景



第2章 社会経済的背景

2.1 国家概要

パキスタン国（以下「パ国」と称する）は1947年8月14日前英国領インドの分割に伴い独立国となっており、南アジア大陸の北西部、北緯23°42'から36°55'、東経60°45'から75°20'に位置し、国境は北部、北西部はアフガニスタン、西部はイラン、南部はアラビア海、東部、南東部はインドに接している。北部、北東部のGilgit地区、Jammu, Kashmir地区（国境未確定地域）は中華人民共和国とも接しており、アフガニスタン国境を少し北上するとソビエト連邦である。国土面積は796,000km²で南北約1,600km、東西約1,000kmである。

パ国は種々の地形に富み、主に1)北部、西部の山岳および丘陵地区、2)Baluchistan及びPotwar高原乾燥地区、3)インダス川および支流の平原地区、および4)南東部の砂漠地区よりなる。

パ国の気候は一般的に大陸性気候であるが、乾燥、半乾燥気候から亜熱帯気候まであり、気温の季節間および日格差が激しく、降雨量も不安定で年およそ100～2,000mmである。

パ国は北西辺境州（NWF）、Punjab州、Sind州、Baluchistan州の4州およびイスラマバード連邦首都、および連邦管理民族地区（FATA）の2地区よりなり、1986年現在、20区域（Division）、78地区（District）、262テシル（Tehsil）の行政区がある。

1981年のセンサスによる総人口は、8,400万人で、うち農村人口は72%、1981～1987年間の年平均人口成長率は3.1%（推定）である。

2.2 国家経済と農業

2.2.1 国家経済

1980年代のパ国経済は順調に成長し続け、1980～85年の年平均実質成長率は5.1%、同じく農業部門は2.5%、製造業部門は7.5%であった

1985～86年現在、農業、製造業部門のGDP構成比率はそれぞれ26%、20%、雇用吸収率は54%、13%である。

同年一人当たり国民所得はおよそ 340米ドルであるが、人口の30～40%は推定貧困ライン 150米ドル以下にあるとされる。

パ国の輸出額の実質成長率は、1960年代11%、70年代6%、80年代前半3%と近年成長率が鈍化してきており、その原因は不安定な交易条件、世界的な不況、および主要輸出品目の生産量の不足に起される。輸出額の構成比率は一次産品35%、半製造品16%、製造品49%である。主要輸出品目は、綿（綿花、綿布、綿糸）、米、既製衣類、革等である。

一方、パ国の輸入額は近年輸出額の2倍近くで過度の入超が続いている。輸入実質成長率は1960年代は2%、70年代6%、80年代前半は2%で、主要輸入品目は石油、石油製品、機械類、輸送機器、化学製品、穀類である。

第6次5ヶ年計画（1983～88）下の部門別国家予算配分計画は、エネルギー（38%）、輸送／通信（19%）、水（11%）、保健／教育（11%）、農業（5%）、およびその他（16%）となっている。

2.2.2 農 業

(1) 土地利用、規模、生産

パ国の全耕地面積は、約 2,060万haで、全農地の87%であり、うち 1,200万haは水路かんがい地、400万haは小河川、湧水、井戸、カレーズ、洪水によるかんがい地であり、残りの 460万haは天水耕地である。1985/86年現在の全農家戸数は 450万戸で、平均耕地面積は 4.6ha、全農地個数の74%は5ha以下の小農が保有しており、これは全耕地面積のわずか38%を占めるのみである。

全生産額に占めるそれぞれの農産物の割合は、小麦43%、米13%、綿花25%、さとうきび11%、その他8%である。畜産も盛んで、羊、山羊、牛、水牛、鶏等を50%以上の農家が飼育している。

1970年代以降の近代農業の発達が目覚ましく、例えば穀類の生産量は年平均 3.6%で増加しており、このうち 1.2%は耕地面積の増加によるものであり、残りの 2.4%は農業資材や栽培方法の急速な普及、進展によるものである。

しかし依然として、かんがい用水、改良種子、農薬、肥料等は不足気味で、現在の低い単収の原因となっている。

(2) 農業開発計画

1) 生産計画

1970年代後半から80年代前半にかけての高水準の農産物自給は、主に生産資材、生産物に対する価格支持政策により達成されたが、そうした政策の技術的、経済的限界に鑑み、近年の開発戦略の重点は最適な政策パッケージ、作物の多様化、農道整備、農村電化といった制度的改善および基盤整備に転じてきている。

戦略の焦点は、また近代的マーケティングシステムの整備、種々の関連サービスを通じての小農の生産性の向上に置かれている。

第6次5カ年計画（1983～88）の農業部門の戦略は以下のとおりである。

- ① 十分な農業金融を伴った近代的農業資材（肥料、農薬、改良種子等）の広範、最適な使用
- ② 圃場管理の改善
- ③ 普及活動の近代化
- ④ 作物の多様化を目的とした、経済性の高い作物に対する価格支持政策
- ⑤ 中小規模農家の重点的育成
- ⑥ 天水地区の改善
- ⑦ 農業関連輸出産業の振興

以上の戦略の下、6次5カ年計画の作物生産計画の目標は、従来の小麦、米、綿花に加え、菜種（現在輸入に依存している）や、果物や野菜といった輸出用の経済性の高い作物の生産である。

肥料に対する政府補助はかつて50%以上であったが、現在の広範囲にわたる使用、あるいは生産物価格支持との関連で1986年6月に廃止に至っている。

改良種子については、未だその供給は限られており、政府補助や高品質種子の輸入は国内供給が十分になるまで継続する予定である。種子プロジェクトは1983/84年以来、世銀の援助により進行中であり、現在Sind, Punjab 両州の種子必要量の71%を賄うまでになっている。

トラクターについても、未だその国内供給は限られており、6次5カ

年計画下においては輸入や国内生産を通じ毎年50,000台の供給を計画している。

生産資材や農業投資に対する農業金融の利用についても、政府は十分な配慮をし、生産資材に対する金融は商業銀行を通じて、また農業投資に対する金融はパキスタン農業開発銀行（ADBP）を通じて実施する現在の政策を継続することになっている。現在こうした農業金融を利用している農家は現在全農家数の12%とされているが、6次5カ年計画ではこれを倍増する計画である。

パ国政府の引き続き実施するマーケティング政策の要点は、1) 主要作物に対する価格支持政策（小麦、米、さとうきび、綿花、たまねぎ、じゃがいも等）、2) 輸出可能性の高い農産物の品質基準の設定、3) 圃場、市場間の道路建設および改修計画、および 4) 貯蔵施設の拡充および管理の向上である。

2.3 地域経済と農業

2.3.1 地域経済

Baluchistan 州はパ国で最大の州であり、面積はおよそ 347,000km² で国土の44%を占めている。しかし、1981年現在の人口は 433万人で、わずか国全体の人口の5%を占めるのみである。州人口のうち84%は農村地帯に住み、そのほとんどは部族的、伝統的、あるいは遊牧民的生活習慣に従った生活をしている。

Baluchistan 州の経済は未だ初期的段階にあり、所得水準や社会基盤整備水準は同国全体の平均に比べかなり低い水準にあり、例えば所得水準は同国の絶対貧困水準に近いとされている。その他の社会的指標も以下のようにいずれも国全体の水準の半分程度である。

| | <u>Baluchistan 州</u> | <u>パ国全体</u> |
|-----------------|----------------------|-------------|
| 識字率 | 8.5% | 23.5% |
| 児童(5～9歳)の就学率 | 21 % | 48 % |
| 医者一人当たり人口 | 10,000 | 5,320 |
| 一人当たり電力消費量(kWh) | 124 | 231 |
| 1,000 人当たり電話台数 | 2.7 | 5.0 |

農業は、言うまでもなく、Baluchistan 州経済の根幹であり州総生産の56%を占め（推定）、農業労働人口も68%に至っている。工業部門は生産に対する種々の誘因の欠如や、不十分な国内需要により低水準であるが、地域特有の原材料や鉱物資源を基礎にした産業開発が計画されている。

現在の低開発性にも拘わらず、Baluchistan 州は地政学的に重要な位置を占め、また 600万haにも及ぶ耕作可能地、地下水、鉱物、気象条件といった未開発の資源にも恵まれ、開発の可能性は高い。

2.3.2 農 業

州面積 3,470万haのうち報告されている利用面積は 1,850万haであるが、そのうち 1,700万haは非耕作地で、これは耕作可能な荒地、森林あるいは耕作不可地となっている。従って州の実質耕地面積はおよそ 150万haで、うち実際の作付面積は 1985/80年で56.3万haであり、残りは休閑地である。非耕作地は現在広範にわたり放牧に利用されている。

Baluchistan 州のかんがい面積は現在51万haとされ、67%が水路かんがい、22%が井戸かんがい、残りがカレーズ、湧水によるかんがいである。しかしこれらのかんがい面積のうち、90%程はNasirabad 地区のPat Feeder水路プロジェクト地区内にある。

Baluchistan 州の農業生産水準は低く、穀類等の食用作物は他州より購入している状態である。作付面積の50%以上は小麦生産であり、続いて米、ソルガムの生産が多い。野菜や果物、木の実といった換金作物はかんがい用水が得られるところで栽培されている。

平均の農家経営面積は10haであるが、実質的な作付面積は5ha程で、これはかんがい用水の不足や労力（機械力、畜力）不足に起因している。

自作農は全体の73%で残りが自作兼小作農(8%)と小作農(19%)である。現在、種々の農業支援体制が整えられているが、いずれも今後大幅な拡大および改良が必要である。

2.4 地域開発計画

Baluchistan 州はその相対的貧困性の故、パ国政府の開発計画上、現在多大な関心が払われており、その証はBaluchistan 特別開発計画（1980年半ば）や毎年の開発計画に対する同国政府の特別追加予算に現われている。

上記計画およびBaluchistan 州第6次5カ年計画で指摘されている同州の重点開発部門は、大きく分けて次の4部門である。

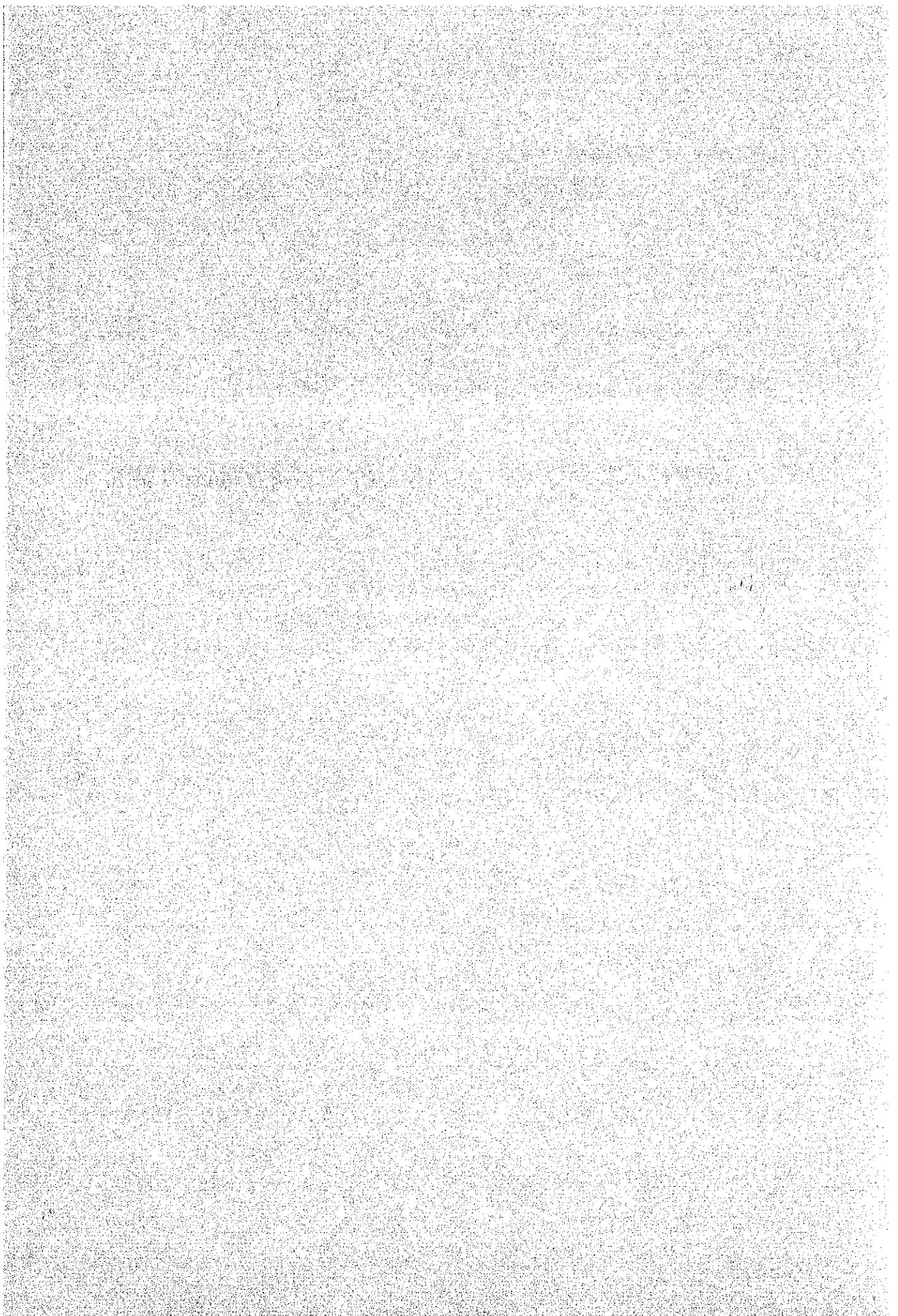
- ① 家庭、農業・畜産用の水資源開発
- ② 電力開発
- ③ 陸上、航空、通信、運輸の開発
- ④ 保健衛生、教育の拡充を中心とした人的資源の開発

Baluchistan 州政府は以上の4部門の早急なる開発を通じ、主に社会基盤整備事業を中心とし、食糧、住居、飲料水、教育、医療、電化等、人間の基本的要求を満たす事業に重点を置いている。

農業部門では水資源開発に加え、1) 水管理や作物に関する研究開発、および 2) 経済性の高い果物や野菜のマーケティングの整備・改善に重点が置かれている。

また、第6次5カ年計画下の水資源開発事業の中心は、既存の地表かんがいシステムの拡充、設計流量の拡大、Delay Action (抑留) ダムの建設、滞砂したかんがい施設の改修、地下水の涵養である。

第3章 調査地区の現況



第3章 調査地区の現況

3.1 自然状況

3.1.1 位置

合計 40,000ha の調査地区は、Quetta 調査地区の 28,000ha と Kalat 調査地区の 12,000ha にわかれる。

Quetta 調査地区は、Quetta 市の南に位置する。調査地区は図 1.4.1 に示す如くであり、これは以下のように要約される。

- 南部境界線 : Darwaza と Fauj Ali 部落を結ぶ線
- 北部境界線 : Tut But と Kech Beg 部落を結ぶ線
- 西部境界線 : Fauj Ali 部落と Chiltan 山系を結ぶ線
- 東部境界線 : Jhanda Khan 部落と Takhtan 川を結ぶ線

当地区の東西方向の幅は 20km (東経 $66^{\circ} 53'$ - $67^{\circ} 05'$) であり、南北方向は 25km (北緯 $29^{\circ} 55'$ - $30^{\circ} 05'$) である。行政的には Quetta および Kalat District の Quetta、Mastung 両 Tehsil にまたがる。

一方、Kalat 地区は、Kalat District の首都である Kalat 町の北西 15km に位置し、南北に 15km (北緯 $29^{\circ} 03'$ - $29^{\circ} 12'$)、東西に 11km (東経 $66^{\circ} 25'$ - $66^{\circ} 33'$) の幅を持つ地区である (図 1.4.2)。行政的には、Kalat District の Kalat Tehsil に属する。

3.1.2 地形

両調査地区は、パキスタン地理院 (SOP) で作製された 1/50,000 および 1/250,000 の地形図が包括している。これらの地形図は、1909~14年に測量され、1952~1954年に 1/40,000 で撮影された航空写真および 1957年の地上調査等で修正/更新が行われた。その修正/更新作業は、今も継続している。

(1) Quetta調査地区

当調査地区は、東西両端を Murdar/Daghari/Dhikの山系および Chiltan/Kumbela山系ではさまれた Quetta 谷の中央部に位置する。これらの山系は、海拔 2,100～3,300mの標高を示す。

当地区は、Quetta 谷中央に位置する Landi山 (標高 2,354m) により南北排水区に二分される。

当地区北部は、南から北に流れる Sariab 川に沿って Quetta 市に続く Quetta 排水区の最上流部である。平地部は標高 1,650～1,750mであり、地形勾配は約1%である。この地区には、かんがい用または飲料用のオープン/チューブ・ウェルおよびカレーズが多く設置されている。山麓部は礫層で約6%の勾配をもつ。カレーズはこの山麓部から始まる。

南部地区は、北東より Zarakhu(Pinghov) 川、北西から Chiltan川が流れ込み、調査地区南端近接地域に、Zahrig Chat川からの流入分をも集めて、季節的な湖を形成する閉鎖された Dasht-i-Khuni排水区の一部である。当地区は、1,750～1,850mの標高であり、その地表勾配は各河川沿いに0.3～1%である。鉄道線路沿いの一部は、支川が流し込んだ砂利で覆われている。当地区は、地下水開発が遅れており、数本のチューブ・ウェルおよびオープン・ウェルが主として集落飲料水として利用されているにすぎない。

(2) Kalat 調査地区

当調査地区は、南西からの Rud Kalan川と、南からの Madian Jhal川ならびに Giawandara 川のほぼ合流点に位置する。これらの支川は北上し、Shirinab 川となる。当地区の西側は Unalath山系で閉ざされており、Chandrum 山 (標高 2,426m) の裾野と Siah Koh 山系が、Kalat盆地と当地区とを分離し南東境界線をなしている。Chhappai 山系が、当地区北部中央に位置する。

南西部の平原は、Dash-i-Goran 平原の北端であり、Giawadara川が、1～2%勾配で北西へのびる扇状地を形成している。その他の地区は、ほぼ1%の勾配を持つ標高 1,750～1,850mの平原である。当地区の南北両端部分では、自然河道は2～3mの深さで鋭く洗掘されている。

3.1.3 気象・水文

(1) 気 候

気候的に調査地域は、亜熱帯性大陸高原気候に分類される。寒く雪のある冬と、涼しい夏、霧の発生、冬期に集中する年間降雨 200mm程度の乾燥した気候であると要約される。Gorich と呼ばれる10月から2月にかけての北ないし北西の風は特に寒い。Quetta および Kalatの気象概要を図 3.1.1および表 3.1.1に示した。

(2) 気象観測網

調査地区内および近接地区には4箇所の気象観測所と4箇所の降雨観測所がある。それらは、パキスタン気象庁 (MET)、かんがい電力省等の州政府機関それに WAPDA等により管理/観測されている。各観測所のリストおよび観測期間を表 3.1.2に示し、それらの位置を図 3.1.2に示した。これらの観測所の観測は Quetta / Samungali 観測所を除き、不完全もしくは短期間である。すべての観測データは、各機関のセンターに送られるので、詳細なデータは、それらのセンターでしか入手できない。

(3) 降 水

降水量には、降雨量と降雪量を含む。降雪は通常溶かされ降雨として計算される。Quetta Murree Breweryの観測結果では、11月から3月の冬期に年平均3~4回の降雪があった。以上を踏まえ、今後この報告書では降雨量を降水量と同意味に使用する。

降雨量は、Quetta でのこの 100年間の最大年間降雨量である1982年の 950mmから、1925年の 102mmの最少まで年により大きく変化する(図 3.1.3 および3.1.4)。Quetta / Samungali、Sariab、Spezand、Kalat、Mangochar、Mastung の年間降雨の 平均は、224mm、160mm、135mm、193mm、133mm、187mmである。降雨の分布から、気候的に1年を11月から5月の冬季と6月から10月の夏季とに分けることができる。年間降雨量の80%以上が、この冬季に集中する。非超過確率年降雨は、5年確率で75~163mm、10年確率で56~136mmである(表3.1.3)。

日降雨量は、すべての観測所で記録されているが、時間降雨量の10年以上の観測は、Quetta / Samungliに限られる。既往の解析結果による降雨強度は、表 3.1.4に示される。

(4) 排 水

Quetta および Kalat両調査地区とも、図3.1.5 に示すように Pishin 川流域に属する。Pishin 川は、Kalat地区から Shaga - Rud(Shiranab) 川と、Quetta 地区からの Sariab 川等が合流したものであり、一度アフガニスタンに流れ込み、再びパキスタンに戻り Hamuni-e-Lora砂漠で消える。調査地区内には、通年して河道に水のある河川はなく、いわゆるワジしかない。ほとんどの集水域は、低平地の農耕地以外は植物に覆われていない裸地である。

1/250,000 と 1/50,000 の地形図に基づく、両調査地区の排水概要は下記の通りである。

Quetta 地区の集水域は、Landi山を境にして、南北に二分される。北部は、Sariab 川の上流端であり、集水面積は 180km² である。南部は、閉鎖された排水区であり、870km² の集水面積を持つ。南部地区は、北西から Zarakhu(Pingov)川が、北西端から Chiltan川が、さらに南西から Zahri Chat 川が流れ込み、調査地区に隣接した中央低地の Dasht-i-Khuni平原に、季節的な湖を形成する。1986年8月の記録的な降雨^{*1}により形成された湖は10km² にもおよび、1987年5月まで存在した。

Kalat地区は、南からの Khani - Jhal 川と東からの Rod - Kalan川の合流点付近に位置する。各々の川の地区流入点での集水面積は、620km² におよび 1,010km² である。これらの河川が合流して Shirinab 川となる。Mashmunki Jhalは東部より流れ Iskaiku部落を通り Chotta Kapoto地区の Malghuzar部落を通過して、南部より流れ込む Rod Kalan川と合流 Kalat 町を通り、地区内に流れ込む。Madian - Jhal川は、調査地区南端の Chhati 付近で消え、調査地区北端で再び地表に現われ、Jammanzai、Purdu 地区を通り、Mangochar 方面に流下する。

両調査地区の集水域は、図 3.1.6および 3.1.7に示した。

*1 1986年 8月 9日から14日までの 6日間に Quetta Samungli・Kalat 観測所で66mm、76mmの降雨が記録されている。